Aus dem Physiologischen Institut der Universität Marburg (Lahn)
Direktor: Professor Dr. R. Dittler

Zur Frage der Reizverwertung in der absolut refraktären Phase

Ein Beitrag zur Kenntnis der rhythmischen Erregungsauslösung bei stetig wirkender Reizung

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
in der gesamten Medizin
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Philipps-Universität zu Marburg

vorgelegt von
Franz Strotkötter
aus Bochum-Gerthe

Marburg 1940
Druck: Hessischer Verlag Karl Euker, Marburg/Lahn

Angenommen von der Medizinischen Fakultät zu Marburg am 23. Mai 1940.

Gedruckt mit Genehmigung der Fakultät.

Referent: Professor Dr. R. Dittler.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Meinen lieben Eltern!

Vorliegende Untersuchung knüpft an die vor nicht langer Zeit erschienenen Arbeiten von *H. Krencker*[1]) und *H. Pink*[2]) an, die den Nachweis der Abhängigkeit der Muskelperiode von der Höhe der angelegten Reizspannung erbrachten und außerdem zeigten, daß dieser Nachweis, ebenso wie durch Aktionsstromableitung, auch durch Verfolgung der Zuckungshöhen möglich ist. Für die theoretische Ausdeutung der Ergebnisse lieferten sie dagegen nicht die Unterlagen, die auch heute noch fehlen. Vor allem gilt dies für die Frage, wie denn die der primären Erregung periodisch sich anreihenden späteren Erregungen überhaupt zustandekommen, ob rein durch die Reizleistung des in seiner Stärke stetig weiterfließenden Stromes (der nach jeder Auslösung erneut eine Schwellenpolarisierung des Muskels zu schaffen hätte) oder unter Mitwirkung der rechteckigen primären Stromeintrittsschwankung (der eine längere Nachwirkung zukäme). Zugleich war natürlich daran zu denken, daß der Muskel selber die Erregungsperiode mitbestimmt, indem er sich im Wandel seiner Erregbarkeit aus dem refraktären Stadium jeder Einzelerregung auf den in der fortbestehenden Stromspannung liegenden Reiz sozusagen hinentwickelt.

Dieser den Mechanismus der rhythmischen Erregungsauslösung allgemein berührende Fragenkreis soll nachfolgend experimentell angegangen werden, und zwar, nach einem Vorschlag von Prof. *Dittler*, zunächst mit dem einfachen Rüstzeug der graphischen Verzeichnung. Da die bei verschiedenen Reizspannungen vom Muskel erreichten Zuckungshöhen, wie *H. H. Meyer*[3]) zeigte, die Rhythmik der Erregungsauslösung innerhalb gewisser Grenzen getreu wiederspiegeln, so war schon auf diesem Wege eine gewisse Klärung der Verhältnisse zu erwarten.

Um die Bedeutung der Stromeintrittsschwankung und der polarisatorischen Leistung des konstant bestehenden Stromes im späteren Reizgeschehen gegeneinander abwägen zu können, sollte der Reizvorgang grundsätzlich so gestaltet werden, daß der Anstieg der Reizspannung zunächst nur bis zu halber Höhe vorgenommen und der zweite Teilanstieg erst während der abs. refrakt. Phase der ersten Muskelerregung aufgesetzt wurde. Auch das umgekehrte Verfahren der rechteckigen Verminderung der Spannung auf die Hälfte der zunächst hergestellten Höhe war durchzuführen. Bei dieser fraktionierten Art des Spannungsverlaufes durfte auf Grund alter Erfahrung angenommen werden, daß der Muskel die in der Refraktärphase liegende Teilschwankung nicht als Reiz zu verwerten vermöchte. Sie schied also als wirksamer Bestandteil des Reizvorganges aus, und der Erfolg mußte rein auf den polarisatorischen Stromleistungen beruhen. Um das Verfahren in größerem Umfang nutzbar zu machen, wurde der Spannungsbruch weiterhin über die Grenze der

abs. refr. Phase hinausverlegt und im Reihenversuch schrittweise durch den ganzen Stromstoß hindurch verschoben. Auch hier konnte aus dem Gange der Zuckungserfolge eine Reizcharakterisierung nach Schwankungswirkung und polarisatorischer Stromwirkung möglich werden, wobei vor allem der Vergleich bei steigender und fallender Richtung des Spannungsbruches aufschlußreich erschien. Dem weiteren Ausbau der Befunde sollten schließlich (unten näher zu erwähnende) besondere Stromformen dienen, die vor allem der Frage der Reizverwertung seitens des refraktären Muskels galten.

Als Versuchsobjekt diente der Sartorius kuraresierter Frösche (Eskulenten). Der Reizstrom wurde einer Batterie von 10 Daniells oder 4 Akkumulatoren entnommen, von der durch Potentiometer die gewünschten Spannungen abgegriffen wurden. In absteigender Richtung wurde der Strom dem Muskel von den Knochen aus zugeleitet. Die Zuckungskurven des nach isotonischem Prinzip belasteten Muskels (20–50 g in 2 mm Entfernung von der Achse) verzeichneten sich in etwa fünffacher Vergrößerung. Die Einstellung der gewünschten Stromdauer wurde mit dem *Dittler*schen Reizpendel[4]) auf 0,1 msec genau vorgenommen. Regelmäßig wurde, um den Muskel vor zu frühzeitiger Ermüdung zu schützen, nach jeder Zuckung eine Pause von 20–30 Sek. eingelegt. Um einer Änderung des Muskels durch Austrocknung vorzubeugen, war die Anordnung in einer feuchten Kammer untergebracht.

Der Gang der Untersuchung in den beiden ersten Versuchsreihen war folgender:

Zuerst wurde eine Zuckungsreihe der *Meyer*'schen Art verzeichnet, bei der Stromstöße der einfachen und der doppelten Spannung bei schrittweise steigender Stromdauer abwechselnd zur Wirkung gebracht wurden. Diejenige Stromdauer, die auf der Höhe der zweiten oder dritten Stufe (im Sinne *H. K. Müllers*[5]) für die beiden verschieden gespannten Ströme den deutlichsten Unterschied der Summationshöhe lieferte, wurde für den Versuch mit der fraktionierten Spannungsänderung ausgewählt. Die erste Versuchsgruppe betraf die Wirkung des steigenden, die zweite die des fallenden Spannungsbruches. Diese Stromformen wurden durch Betätigung eines Kurzschlußkontaktes hergestellt. Dabei wurde die Bruchstelle von dem Zeitpunkt des primären Stromschlusses schrittweise immer weiter abgerückt; es wurde also, da die Gesamtstromdauer dieselbe blieb, die Wirkungsdauer der nachfolgenden Stromspannung zugunsten der vorangehenden verkürzt.

I. Der steigende Spannungsbruch

Der Beschreibung der Ergebnisse der ersten Versuchsreihe sei der Versuch vom 1. Juni 1939 zugrunde gelegt. Bei der Darstellung der *Meyer*'schen Reihe hatte sich die dritte Stufe (18 msec Stromdauer) für die Untersuchung als am geeignetsten erwiesen. Als Spannungen wurden 4 und 8 Volt benutzt. Es wurden Dreiergruppen ver-

zeichnet, deren erste Zuckung den Reizerfolg der niedrigen Spannung, deren dritte den der höheren Spannung darstellt. Die dazwischen liegende Zuckung entspricht jeweils dem steigend gebrochenen Stromverlauf.

Der Reizerfolg verhielt sich, wie man sieht, bei sehr früher Lage der Spannungsänderung zunächst gleich dem des Vergleichsreizes bei der höheren Spannung. Beim Abrücken des Spannungsbruches änderte sich dieses Verhalten für ein gewisses Zeitbereich im vorliegenden Falle zunächst nicht merklich (bei den meisten übrigen Versuchen stieg die Zuckungshöhe primär etwas an). Auch beim Überschreiten der abs. refr. Phase erfolgte keine momentane Änderung der Zuckungshöhe. Erst beim Abstand von 5 msec (10. Gruppe) wurde ein Ansteigen der Zuckungshöhe deutlich, das bei 6 msec (12. Gruppe) ein erstes Maximum erreichte. Dann begleitete ein langsames Sinken mit erneutem Wiederanwachsen der Zuckungshöhe das weitere Abrücken der Bruchstelle vom primären Stromschluß. Bei Lage des Spannungsbruches im Abstand von 13 msec bildete sich ein zweites Maximum heraus. Bei noch späterem Eintritt der Spannungsänderung wurde naturgemäß die Zuckungshöhe immer mehr von der vorangehenden (niedrigeren) Spannung bestimmt. Daß im vorliegenden Versuch das erste Maximum den Vergleichsreiz der niedrigen Spannung nicht überstieg, scheint besondere Gründe zu haben; bei den meisten Muskeln war es der Fall. Der zeitliche Gang der Höhenänderung der Zuckung und die Lage der Maxima wiesen von Versuch zu Versuch natürlich individuelle Schwankungen auf. Immer aber konnte ein wellenförmiges Steigen und Sinken der Zukkungshöhe, das sich auf der nächsten Erregungsstufe im Sinne *Müllers* entsprechend wiederholte, bei der schrittweisen Verschiebung des Spannungsbruches festgestellt werden.

Als wesentlich ist hiernach zu verzeichnen, daß bei extremer Frühlage des Spannungsbruches die nachfolgende Spannung das Erregungsgeschehen voll beherrscht, während die Zuckungshöhe des Muskels bei extremer Spätlage (eine passende Gesamtstromdauer vorausgesetzt) derjenigen bei Alleinwirkung der vorangehenden Spannung gleich wird. Die während der abs. refr. Phase der ersten Erregung hergestellte doppelte Reizstromspannung wird vom Muskel also sehr wohl verwertet. Für das Entstehen der wellenförmigen Änderung der Zuckungshöhe auf dem Wege von der einen Extremlage zur anderen sind besondere Wirkfaktoren mit zum Teil gegensinniger Einzelwirkung verantwortlich, als deren Resultierende sich der Gang der Höhenänderung darstellt. Als wichtigste seien genannt: das Aufkommen einer (vorzeitigen) Extraerregung, die durch die Verkürzung der Erregungsperiode zwar schlechtere Summationsbedingungen

schafft, bei gleichzeitiger Entstehung einer zusätzlichen Erregung am Stromstoßende aber den Übergang zur nächst höheren Erregungsstufe und damit die Ausbildung eines Zuckungsmaximums bedingen kann. Eine sichere Abgrenzung dieser Einzelwirkungen gegeneinander aus den graphischen Aufzeichnungen erscheint ohne Prüfung des Aktionsstrombildes aussichtslos.

Beim Versuch auf der Höhe der zweiten Stufe stellten sich die gleichen Verhältnisse dar. Der Versuch vom 25. Juli 1939 bringt die „kombinierten" Reize von 13 msec Gesamtdauer unmittelbar nebeneinander zur Darstellung, wobei der Anstieg von 3,5 auf 7 Volt in Schritten bis herab zu 0,25 msec vom primären Stromschluß abgerückt wurde. Über ein gewisses Bereich war auch hier primär ein schwacher Anstieg der Zuckungshöhe festzustellen. Das Eintreffen der Spannungsänderung bei etwa 6 msec verursachte ebenfalls wieder ein (diesmal das einzige) Maximum, das auf das Zustandekommen einer zusätzlichen Erregung zurückgehen dürfte. Bei den späteren Lagen des Spannungsbruches wurde die mechanische Leistung des Muskels wieder zunehmend von der niedrigeren Reizspannung bestimmt.

II. Der fallende Spannungsbruch

Im Anschluß an das soeben Gesagte war es von Interesse, auch die Zuckungserfolge zu prüfen, wenn der Strom unter sonst gleichen Bedingungen von dem doppelten auf den einfachen Spannungswert abfiel. Im Versuch vom 7. Juni 1939 wurde mit Spannungen von 6 und 3 Volt gearbeitet, als Gesamtstromdauer wurden auch hier 18 msec gewählt.

Verglichen mit den Ergebnissen bei steigend gebrochenem Spannungsverlauf waren wohl im wesentlichen entsprechende Verhältnisse zu erwarten. In der Tat folgte der Muskel in seiner Summation bei extremer Frühlage auch hier der Wirkung der nachfolgenden (besser summierenden) Stromspannung. Freilich gilt dies nur, wenn man, in Anbetracht des sehr erheblichen Unterschiedes der beiden einfachen Stromwirkungen, die anfängliche geringe Überhöhung der kombinierten Zuckung über die Wirkung der niedrigen Spannung allein vernachlässigt, was zulässig erscheint. Beim Abrücken des Spannungsbruches jedenfalls kam es zu viel beträchtlicherer Überschreitung der höheren Vergleichszuckung (bei 3 msec), sodann sank die Wirkung des kombinierten Reizes auf ein Minimum ab (bei 5 msec). Die Zuckung blieb hier selbst hinter der Höhe der niedrigeren Vergleichszuckung weit zurück. Weiterhin erfolgte ein Wiederansteigen der Zuckungshöhe. Auch beim abfallenden Spannungsbruch trat also ein (u. U. sich wiederholendes) wellenförmiges Steigen und Sinken

der Summationshöhe in Erscheinung. Eine Verschiebung des Spannungsbruches über 10 msec hinaus wurde hier nicht vorgenommen, doch liegen zur Sicherstellung der Befunde entsprechende Versuche im Bereich der dritten Stufe vor, die dasselbe besagen.

Im Versuch vom 21. Juli 1939 wurde die Bildung des stark überhöhten Maximums einer besonderen Untersuchung unterzogen, die die Grunderscheinungen in allen Fällen bestätigte, vor allem das weitere Ansteigen der Zuckungshöhe beim schrittweisen Abrücken des Spannungsbruches. Um dieses klar hervortreten zu lassen und zugleich der Möglichkeit einer Täuschung durch Treppenbildung zu begegnen, wurden im Versuch vom 24. Juli in wechselnder Reihenfolge nur zwei Reizformen in ihrer Wirkung miteinander verglichen, die den Spannungsbruch beide innerhalb der abs. refr. Phase brachten, einmal bei 0.25, einmal bei 1.75 msec. Die Verzeichnung läßt sowohl die ungleich verschiedene Wirksamkeit dieser Reize zugunsten des letzteren, als auch die Überhöhung ihrer Wirkung über die der beiden Vergleichsreize erkennen. Nur in Ausnahmefällen überragte der Reizerfolg beim früh einsetzenden Spannungsabfall nicht auch die höhere der beiden Vergleichszuckungen.

Als Grund für diese außerordentliche Summationsbegünstigung kann nach unserem Wissen kaum etwas anderes in Frage kommen als die innere Polarisationswirkung, die von dem vorangehenden höher gespannten Stromstück in der kurzen Zeit seiner Wirkung im Muskel geleistet wird und sich an dem nachfolgenden Stromstück halber Spannung so stark schwächend auswirkt, daß dies am Reizerfolg sichtbar wird. Da jede Reizstromschwächung nach *Krencker* mit einer Rhythmusverlangsamung Hand in Hand geht, letztere aber nach *Meyer* zu einem Ansteigen des Summationserfolges führt, so wird unsere Annahme den zu beobachtenden Erscheinungen vollauf gerecht. Auch das allmähliche weitere Steigen der Zuckungshöhe beim Abrücken des Spannungsbruches ist, wie der Sonderversuch beweist, hiermit durchaus vereinbar.

Der Hauptvorzug der Erklärung aus polarisatorischen Gegenwirkungen liegt aber zweifellos darin, daß sie zugleich auch die dem Maximum regelmäßig sich anschließende Bildung eines extremen Zuckungsminimums verständlich werden läßt. Das Phänomen als solches tritt in der Kurve eines Versuches vom 24. Juli besonders deutlich hervor. Um den Muskel zu schonen, wurden auch hier die Zuckungen auf die kombinierten Reize unmittelbar hintereinander gesetzt und die (einfachen) Vergleichsreizungen nur am Anfang und am Ende ausgeführt. Die Stromdauer von 10 msec löste bei den optimalen Spannungen von 1.25 und 2.5 Volt zwei volle Muskelerregungen aus. Nach dem anfänglichen Steigen fiel die Zuckungshöhe in

diesem Versuch entsprechend der Lage des Spannungsbruches bei 6 msec steil auf den Tiefpunkt ab. Zur Erklärung dieses erstaunlichen Abfalles des Reizerfolges, der immer wieder beobachtet wurde, hat man sich wohl zu denken, daß die Schwächung des niedriggespannten Stromstückes durch die polarisatorische Wirkung des hochgespannten bei später Lage des Spannungsbruches schließlich so beträchtlich wird, daß eine weitere Erregungswelle im Muskel gar nicht mehr zustande kommt, die Muskelerregung also in die nächstniedrigere Stufe im Sinne *Müllers* übergeht.

III. Andere Reizstromformen.

Die in diesem Abschnitt zu beschreibenden Versuche haben die besondere Aufgabe, die Reizmöglichkeiten innerhalb der abs. refr. Phase der Muskelerregung noch näher zu beleuchten und damit das in den vorangehenden Abschnitten Gesagte auszubauen.

In den Versuchsreihen I und II wurde gezeigt, daß der Muskel in der Rhythmik seiner Erregungsbildung (von den besprochenen Nebenwirkungen abgesehen) vom Spannungsbruch ab der neu entstehenden Reizstromspannung folgt, auch wenn die Bruchstelle innerhalb der Refraktärphase liegt, die Spannungsschwankung also unverwertet bleibt. Es drängt sich die Frage auf, zu welchem Zeitpunkte hierbei die Umstellung des Muskels auf die neue Reizbedingung stattfindet. Trägt auch der innerhalb der Refraktärphase liegende schwankungsfreie Stromteil schon zur neuen Erregungsauslösung bei?

Der experimentellen Klärung dieser Frage sei ein Schulversuch der klassischen Reizphysiologie vorausgeschickt, der die Unverwertbarkeit in die abs. refr. Phase fallender steil verlaufender Reizvorgänge zeigt.

Zwischen zwei maximal wirkende Einzelinduktionsschläge, deren zweiter sicher noch in der abs. refr. Phase des ersteren lag und daher ohne Wirkung blieb, wurde außerdem ein kurzes, für sich als Reiz wirksames galvanisches Stromstück eingeschaltet. Die Anordnung der Ströme war also z. B. so, daß bei einer Dauer der Refraktärphase von 2.75 msec der zweite Induktionsschlag auf 2.25 bzw. 2.5 msec eingestellt wurde und der hinzukommende galvanische Stromstoß die Zeitspanne von 0.5 bis 2.0 msec umfaßte. Die Frage war, ob der Reizerfolg durch ihn ein anderer würde. Das Versuchsergebnis ging dahin, daß die Zuckungshöhe des Muskels unverändert die gleiche war, einerlei ob das galvanische Stromstück dazwischen stand oder nicht. Sicher waren somit bei dieser Anordnung seine Eintritts- und Endschwankung als Reiz bedeutungslos. Desgleichen vermochte sich auch der schwankungsfrei verlaufende Teil des Stromstoßes

nicht in der Zuckungshöhe auszudrücken. Dies dürfte aber vermutlich lediglich daran liegen, daß seine polarisatorische Stromwirkung infolge der Rückdiffusion der Ionen während der nachfolgenden Pause die abs. refr. Phase nicht in genügender Stärke überdauerte.

Um hier experimentelle Klarheit zu schaffen, wurde mit einer Reizkombination aus einem maximal wirksamen Induktionsschlag und einem galvanischen Stromstoß gearbeitet und letzterer vergleichsweise einmal schon 0.5, das andere Mal erst 2.0 msec nach dem Induktionsschlag geschlossen; das Stromende lag für beide bei 4 oder 6 msec, so daß sie ohne Unterbrechung in die rel. refr. Muskelphase hineinragten. Spannung und Dauer des galvanischen Stromes waren so gewählt, daß auch der später einsetzende Stromstoß für sich allein als Reiz wirksam war und sein Beginn bestimmt noch innerhalb der absoluten Refraktärphase lag.

Es ergab sich, daß die Reizkombination mit dem früher einsetzenden galvanischen Stromstoß der anderen Kombination als Reiz immer weit überlegen war. Offenbar liegen die Dinge so, daß bei der verwendeten Stromdauer der längere Stromstoß eine größere Anzahl von Muskelelementen in die Erregung hineinzog als der kürzere, der eine noch submaximale zweite Erregung auslöste. Der Summationserfolg mußte bei ersterem daher größer sein. Jedenfalls ist aus dem Ergebnis der sichere Schluß zu ziehen, daß auch die in die Refraktärphase des Muskels fallenden Stromanteile (wie es ihrer physikalisch-polarisierenden Wirkung entspricht) vom Muskel für die Auslösung der nächsten Erregung sehr wohl verwertet werden. Entsprechendes zeigte sich in einer Versuchsreihe, bei der zwei ungleich früh in der Refraktärphase eines Einzelinduktionsschlages beginnende, zum selben Zeitpunkt endigende galvanische Stromstöße in Reihenverzeichnung schrittweise um gleiche Beträge verlängert wurden: der Anstieg zur nächsten Erregungsstufe wurde hierbei vom früher beginnenden Stromstoß regelmäßig deutlich eher erreicht als vom später beginnenden. Würde das in der Refraktärphase liegende Stromstück vom Muskel nicht zum wirkenden Reiz geschlagen, so wären diese Ergebnisse schlechthin unverständlich.

Da mit einer entsprechenden Verwertbarkeit eines schwankungsfrei verlaufenden galvanischen Stromes auch bei der üblichen Art der Rhythmusauslösung durch einen nicht zu niedrig gespannten Gleichstrom zu rechnen ist, so findet die von *Pink* bei seinen Chronaxiebestimmungen für die zweite, dritte usw. Muskelerregung als Arbeitshypothese ausgesprochene Vermutung, daß der neue Reizstrom immer schon im Moment der vorhergehenden Erregungsauslösung zu wirken beginne, hiermit ihre experimentelle Bestätigung. Eine andere Frage freilich ist es, ob die Schwellenpolarisation hierbei

jeweils ganz von neuem im Muskel geschafft werden muß, oder ob die der vorhergehenden Erregung eigenen Membranänderungen gewisse verwertbare Rückstände lassen. Aus den an der Reizstelle bestehenden katelektrotonischen Veränderungen des Muskels ist wohl auf letzteres zu schließen, so daß mit einer lediglich zusätzlichen Neupolarisierung der Muskelmembrane auszukommen wäre.

Zusammenfassung

Im Anschluß an die Arbeiten von *H. Krencker* und *H. H. Meyer* wurde die Zuckungssummierung des Muskels bei Reizung mit einem zeitlich begrenzten galvanischen Stromstoß untersucht, der sich (in rechtwinkeligem Übergang) aus zwei zu verschiedener Muskelperiode führenden Anteilen im Spannungsverhältnis 1:2 aufbaute. Die bei schrittweise erfolgender Verlagerung der Bruchstelle im Stromstoß zu erhebenden Befunde werden analysiert, und zwar sowohl beim Übergang von der einfachen zu der doppelten Reizspannung wie auch von der doppelten zur einfachen.

Das wesentliche Ergebnis liegt in der Feststellung, daß der Muskel bei extremer Frühlage des Spannungsbruches innerhalb der abs. refr. Phase der ersten Erregung (in beiden Fällen) ganz nach Maßgabe der an zweiter Stelle wirkenden Reizspannung rhythmisch reagiert, offenbar also auch unter dieser Bedingung imstande ist, sich momentan auf die neue Spannung umzustellen und ihre Stromleistung zu verwerten. Diese Erkenntnis wird in Teil III durch eine Reihe besonders angeordneter Versuche weiter experimentell belegt.

Bei extremer Spätlage des Spannungsbruches bestimmt naturgemäß die erstwirkende Reizspannung die Rhythmik der Muskelerregung. Der Übergang der Zuckungshöhe von der einen Extremlage des Spannungsbruches zur anderen zeigt keinen, wie man vermuten konnte, geradlinig-stetigen Verlauf, sondern vollzieht sich infolge von Sonderwirkungen ausgesprochen wellenförmig.

Am Schlusse dieser Arbeit sei es mir gestattet, meinem verehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. *R. Dittler*, der mich zu dieser Arbeit anregte und mir bei der Durchführung allezeit behilflich war, auch an dieser Stelle meinen Dank auszusprechen.

Schriftenverzeichnis

1. *Krencker, H.:* Messende Versuche zur Theorie der elektrischen Reizung. Der Reizwert schwankungsfrei verlaufender galvanischer Stromstücke verschiedener Spannung. Ztschr. f. Biol. *99*, (1938).
2. *Pink, H.:* Messende Versuche zur Theorie der elektrischen Reizung. Der Reizwert schwankungsfrei verlaufender galvanischer Stromstücke verschiedener Spannung, gemessen nach der „Summationsmethode". Ztschr. f. Biol. *99*, (1939).
3. *Meyer, H. H.:* Die Zuckungssummation bei Reizung des Muskels mit galvanischen Stromstößen verschiedener Spannung. Ztschr. f. Biol. *99*, (1939).
4. *Dittler, R.:* Messende Versuche zur Theorie der elektrischen Reizung. Allgemeine Problemstellung. Der Reizapparat. Ztschr. f. Biol. *87*, (1928).
5. *Müller, H. K.:* Die Verhältnisse der Zuckungssummation am quergestreiften Muskel bei Reizung mit dem galvanischen Strom. Ztschr. f. Biol. *86*, (1927).

Lebenslauf

Ich, Franz *Strotkötter*, wurde am 11. April 1916 zu Bochum-Gerthe als Sohn des Bäckermeisters Heinrich Strotkötter und seiner Ehefrau Elisabeth, geb. Ellebracht, geboren.

Nach vier Volksschuljahren im Heimatort besuchte ich neun Jahre lang das Gymnasium Theodorianum in Paderborn, wo ich Ostern 1935 die Reifeprüfung bestand. Ich leistete darauf bis zum 1. Oktober 1935 meinen Arbeitsdienst in Kierspe (Sauerland) ab. Im November 1935 begann ich mein medizinisches Studium in Bonn, wo ich drei Semester studierte. Nach zwei weiteren Semestern an der Universität Marburg bestand ich hier am 28. Februar 1938 die ärztliche Vorprüfung. Das klinische Studium begann ich in München und Freiburg (Breisgau), wo ich je ein Semester studierte. Die letzten drei Semester absolvierte ich in Marburg. Hier bestand ich am 17. Mai 1940 das medizinische Staatsexamen.

Meine akademischen Lehrer waren die Herren Professoren und Dozenten:

In Bonn: Fitting, Füchtbauer, Pfeiffer, Reichensperger, Stöhr und Wagenseil.

In München: Borst, Bumke, Rech, v. Seemen und Stepp.

In Freiburg: Bohnenkamp, Büchner, Dold, Janssen, Schneider, Siegert, Stühmer und Viethen.

In Marburg: Bach, Becher, Bersin, Dittler, Förster, Gremels, Grüter, Kehrer, Klapp, Klewitz, Kretschmer, Pfannenstiel, Ruete, Uffenorde, Versé und Wiskott.